

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
PRIRODOSLOVNO – MATEMTIČKI FAKULTET
BIOLOŠKI ODSJEK

MAKROZOOBENTOS POVREMENIH VODOTOKA
MACROZOOBENTHOS OF INTERMITTENT RIVERS

SEMINARSKI RAD

Lucija Bardić

Preddiplomski studij znanosti o okolišu

(Undergraduate Study of Environmental Science)

Mentor: izv. prof. dr. sc. Marko Miliša

Zagreb, 2017.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Povremeni vodotoci	1
1.2. Povijesni aspekt i značaj istraživanja ekologije povremenih vodotoka i makrozoobentosa	2
1.3. Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC)	3
2. EKOLOGIJA MAKROZOOBENTOSA POVREMENIH VODOTOKA	4
3. PRILAGODBE MAKROZOOBENTOSKIH ORGANIZAMA NA UVIJETE U POVREMENIM VODOTOCIMA	5
4. UČESTALE SKUPINE MAKROZOOBENTOSA U POVREMENIM VODOTOCIMA I NJIHOVE KARAKTERISTIKE	7
5. LITERATURA	11
6. SAŽETAK	14
7. SUMMARY	14

1. UVOD

Makrozoobentos je zajednica makroskopski vidljivih vodenih beskralješnjaka koji većinu života provode na i u dnu vodenog tijela. Unutar ove skupine životinja razlikujemo nepokretne, prirasle za dno – sesilne i pokretne – vagilne organizme. Uz ovu, postoji još i podijela temeljena na položaju organizma u odnosu na supstrat. Prema njoj, razlikujemo životinje koje žive pričvršćene za dno, koje se ukapaju u supstrat ili koje po njemu pužu (Kerovac M i sur, 2008.). Ovisno o životnom stadiju, ista jedinka kroz život može pripadati u različite skupine prema navedenim podijelama. Ova životna zajednica je važan član hranidbenog lanca vodenih staništa jer je izvor hrane za ribe i značajno sudjeluje u prerađivanju i kruženju organske tvari u vodenim ekosustavima. Nadalje, ta skupina organizama važan je pokazatelj stanja kakvoće vode jer se sastoji od više različitih taksonomskih grupa osjetljivih na različita kolebanja u okolišu. Zato se, istraživanjem stanja makrozoobentosa obavlja biomonitoring vodenih staništa. Ovaj rad zasnivat će se na opisu strukture zajednica i prilagodbama makrozoobentosa na život u povremenim vodotocima.

1.1. Povremeni vodotoci

Povremeni vodotoci su tekućice čiji je režim potpuno ovisan o količini oborina pa u sušnom razdoblju godine dio toka ili cijeli tok u potpunosti presuši. Prema Nacionalnoj klasifikaciji staništa RH (NN 88/2014) ovakva staništa pripadaju stanišnom tipu povremeni vodotoci. On uključuje povremene vodotoke povremeno suhog korita koje karakterizira potpuno suho korito u jednom dijelu godine i povremene vodotoke s bazenčićima u čijem koritu u suhom dijelu godine postoje stalni bazenčići. Ovo stanište karakteriziraju velika kolebanja pojedinih abiotičkih čimbenika što zahtjeva razvoj različitih prilagodbi kod postojećih životnih zajednica.

Budući da u idućih nekoliko desetljeća znanstvenici očekuju povećanje broja povremenih tokova kao posljedicu klimatskih promijena, nužno je regulirati njihov položaj u zakonskim okvirima (Acuna i sur., 2014.). Iako neki stručnjaci tvrde kako je njihova zaštita preskupa, degradacija ovih staništa imala bi velike posljedice na čitave riječne mreže. Zaštita povremenih vodotoka osobito je važna u aridnim i semi-aridnim prostorima čije stanovništvo ovisi o godišnjim izmjenama razdoblja tečenja i presušivanja.



Slika 1: Suho korito povremene tekućice Ričina

1.2. Povijesni aspekt i značaj istraživanja ekologije povremenih vodotoka i makrozoobentosa

Istraživanja na makrozoobentosu počela su već krajem 19. stoljeća kada su znanstvenici testirali njihovu otpornost u otopinama kemikalija različitih sastava i koncentracija. Početkom 20. stoljeća znanstvenici su započeli povezivati strukturu zajednica i stanje kakvoće vodenih staništa (Cairns i sur., 1993.). Početkom 1970. su se ovakve analize počele koristiti kao biomonitoring. Isto tako, analize strukture makrozoobentoskih zajednica počele su se primjenjivati u povremenim vodotocima.

Znanstvenici su uočili da se populacije akvatičkih organizama vraćaju u stanište nakon razdoblja bez vode, ali do tada još nisu razvili pristup istraživanju ovakvih „fenomena“. Tadašnji radovi uglavnom su bili opisni, a način rada bio je isti kao i za stalne vodotoke (Leigh i sur., 2016.). Sredinom 20. stoljeća znanstvenici su uočili velike razlike između karakteristika stalnih i povremenih tokova. Pristup istraživanju se promijenio i znanstvenici su počeli sa opisivanjem mehanizma rekolonizacije i životnih ciklusa različitih vrsta te su se ti mehanizmi povezivali s izmjenama suhih i vodenih razdoblja u vodotoku.

Početkom 1970. znanstvenici su počeli razvijati hipoteze o ekologiji povremenih tokova te su istraživanja stajaćih voda proširili i na izolirane bazenčiće povremenih vodotoka. Jedan od utjecajnijih radova tog vremena napisali su Williams i Hynes (1977.) u kojemu predstavljaju poveznicu između strategija preživljavanja, životnih ciklusa i uspješnosti vrste. Naime, strategije preživljavanja vodenih beskralješnjaka (leteći odrasli stadij, rekolonizacija iz okolnih tokova, ukopavanje u sediment itd.) odražavaju se na njihove životne cikluse (vrijeme polaganja jajašaca i sl.) čime se povećavaju uspješnost i šansa za održavanje vrsta.

U desetljećima koja slijede pa sve do danas perspektiva se širi i povremeni vodotoci postaju afirmirana i sve zanimljivija tema znanstvenog istraživanja.

Početak 1980. obilježavaju radovi temeljeni na usporedbama životnih zajednica u povremenim tokovima sa zajednicama u obližnjim, stalnim tokovima. Nakon nekog vremena, usporedbe postaju međuregionalne, a zatim i međukontinentalne. Tada su u takvim vrstama radova prednjačili kanadski, australijski i američki znanstvenici (Leigh i sur., 2016.). Među populacijama različitih vrsta na istom području i istih vrsta na različitim područjima uočeni su slični mehanizmi rekolonizacije toka nakon sušnog razdoblja. Danas se više zna o odgovoru populacije na plavljenje korita nego na njegovo isušivanje.

Značaj istraživanja ekologije i hidroloških karakteristika povremenih vodotoka u današnjem kontekstu je velik. Zbog neprestanog rasta ljudske populacije, raste i potreba za pitkom vodom, ali se mijenjaju i načini korištenja zemljišta i vodotoka što dovodi do značajnih globalnih krajobraznih i klimatskih promjena. Neke rijeke, kao što su na primjer Nil, Žuta rijeka ili Kolorado, koje su u prošlom stoljeću imale stalan tok, većinom zbog antropogenog utjecaja danas djelomično presušuju. Upravo iz tih razloga, razumijevanje temeljnih principa povremenih vodotoka je neophodno kako bi se mogla revidirati i unaprijediti legislativa u svrhu zaštite ovih važnih izvora pitke vode i bioraznolikosti.

1.3. Okvirna direktiva o vodama (2000/60/EC)

Stupanjem na snagu EU Okvirne direktive o vodama 2000. godine uspostavljen je okvir za upravljanjem vodama. Direktiva pokriva istovremeno površinske kopnene vode (rijeke i jezera), uključujući i povremene vodotoke, zatim prijelazne vode, obalne vode i podzemne vode. Direktivom je uveden termin ekološkog stanja vodnog tijela koje se opisuje kroz sljedeće elemente kakvoće (a sukladno i Uredbi o standardu kakvoće voda NN br. 73/13, 151/14, 78/15 i 61/16):

Biološki elementi kakvoće za rijeke:

- fitoplankton
- makrofitska vegetacija i fitobentos
- makrozoobentos
- ribe

Hidromorfološki elementi kakvoće za rijeke:

- hidrološki režim
- kontinuitet rijeke
- morfološki uvjeti

Osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi kakvoće za rijeke:

- temperatura
- pH
- električna vodljivost
- režim kisika (otopljeni kisik, KPK, BPK)
- otopljene hranjive soli (nitrati, amonijak, ukupni dušik, ortofosfati i ukupni fosfor)

Okvirna direktiva o vodama kao osnovni cilj navodi da je potrebno „zadržati najmanje dobro stanje ovih elemenata kakvoće voda tamo gdje takvo stanje postoji, spriječiti narušavanje postojećeg stanja i postići najmanje „dobro stanje“ svih voda do 2021. godine“. Dobro stanje podrazumijeva barem dobro kemijsko i ekološko stanje za površinske vode, te kemijsko i količinsko stanje za podzemne vode.

2. EKOLOGIJA MAKROZOOBENTOSA POVREMENIH VODOTOKA

Povremeni tokovi imaju vrlo kompleksu ekološku strukturu zbog odvojenosti vodene i suhe faze. Za vrijeme suhih faza, u koritu se pojavljuju kopnena flora i fauna, a akvatički u poplavnom razdoblju. Također i abiotički čimbenici se mijenjaju s promijenom režima vodotoka.

Temperatura vode u izoliranim bazenima u sušnom razdoblju viša je u odnosu na period tečenja, a količina otopljenog kisika pada pri isušivanju toka. Razlog tomu je dijelom statičnost vode, a dijelom povećana mikrobiološka aktivnost. Nutrijenti se pak koncentriraju uslijed evaporacije bazena, a ponovno plavljenje ih razrijeđuje.

U vodotocima čije korito ne presušuje u potpunosti, zabilježen je fenomen kod populacije riba koje sušnu sezonu preživljavaju u izdvojenim lokvama, a za vrijeme razdoblja kada vodotok teče, povlače se u okolna staništa gdje traže nove izvore hrane i slično. U određenom trenutku, ribe se vraćaju u početni bazen gdje ponovno preživljavaju sušno razdoblje. Takvo ponašanje naziva se filopatrija (Marshall i sur., 2016.) i karakteristično je za ribe u povremenim vodotocima, na taj način osiguravaju preživljavanje i uspješnost vrste.

Povećanjem količine otopljene organske tvari, fosfata i sulfata smanjuje se raznolikost makrozoobentoskih zajednica. Ovi spojevi u vodotoke dolaze zbog intenzivne poljoprivrede. Očuvanje i proširenje koridora oko vodotoka zasađenih šumom predstavljaju amortizirajuću zonu (Espanol i sur., 2016.). Naime, šumska obalna vegetacija apsorpcijom tih tvari

spriječava njihov prijelaz u vodotoke, a posljedično spriječavaju smanjenje raznolikosti vodenih beskralješnjaka.

U istraživanju koje se bavilo istraživanjem povremenih vodotoka mediteranskog otoka Mallorce (Garcia i sur., 2017.) utvrđena je pozitivna korelacija između smanjenja broja dana s vodom u koritu i smanjenja brojnosti i taksonomske raznolikosti vodenih beskralješnjaka. U istraživanju su korišteni 25-ogodišnji podaci o broju dana s vodom u koritu koji su pokazivali trend smanjenja. U razdoblju uzorkovanja makrozoobentosa (2005.-2008.), taj trend je iznosio i do -8 % godišnje. On je povezan s klimatskim promijenama koje su zabilježene i na globalnoj razini. U uzorcima makrozoobentosa zabilježeno je smanjenje taksonomske raznolikosti i brojnosti vrsta kroz te tri godine. Slikovito rečeno, smanjenjem veličine staništa, smanjila se i bioraznolikost.

3. PRILAGODBE MAKROZOOBENTOSKIH ORGANIZAMA NA UVIJETE U POVREMENIM VODOTOCIMA

Beskralješnjaci koji žive u bentičkoj zoni razvili su niz prilagodbi koje im omogućuju preživljavanje sušnih razdoblja u povremenim vodotocima. Njih nekoliko vezano je za životne stadije i na vrijeme polaganja jajašaca. Također, kao prilagodbu potrebno je izdvojiti i lociranje tih životnih stadija u prostoru.

U sušnom razdoblju, određene skupine organizama (npr. Oligochaeta, *Chironomidae* itd.) preživljavaju u hiporeičkom području (Vorste i sur., 2016.). Ono u većini povremenih vodotoka ostaje vlažno jer se nalazi na kontaktu vodnog lica i površinskih tokova. Takvo stanište omogućuje vodenim organizmima da prežive bilo kao odrasle jedinke ukopane u vlažni sediment ili da vremenom polaganja dormantnih jajašaca postignu da se juvenilne jedinke razviju u razdoblju ponovnog plavljenja. Ovakva strategija preživljavanja naziva se vertikalna rekolonizacija vodotoka. Isto tako, ova zona im predstavlja sklonište od jakih hidrauličkih sila koje se javljaju pri ponovnom plavljenju. Karakteristika vrsta koje na ovakav način preživljavaju sušno razdoblje jest manja i ušiljenija glava što im olakšava kretanje u vlažnom sedimentu.

Istim istraživanjem je pokusom utvrđeno kako skupine organizama koje sušnu sezonu preživljavaju u hiporeičkoj zoni imaju vrlo brzo odgovoraju na ponovno plavljenje. Naime,

već nakon 2-3 tjedna nakon plavljenja, zajednica u toku se vratila u stanje u kakvom je bila prije sušne epizode. Znanstvenici su tražili koleraciju između trajanja perioda suše i taksonomske raznolikosti i ukupne brojnosti vrsta (Stubbington i sur., 2016.). Uzorke su sakupljali neposredno prije ili neposredno poslije sušnog razdoblja te ih dehidrirali i držali u takvom stanju kroz razdoblja različitih duljina. Isto tako, neke od uzoraka su nekoliko puta zaredom dehidrirali i ponovno vraćali u vodenu fazu. Kao zaključak tog eksperimenta iznijeli su tvrdnju kako manji utjecaj na zajednicu imaju učestale izmjene suhe i vodene faze nego dulje trajanje suše. Isto tako, ovim istraživanjem utvrđeno je kako s produljenjem trajanja suhog razdoblja smanjuje se i taksonomska raznolikost zajednice i ukupna brojnost vrsta. Kao zaključak nameće se tvrdanja da će produljenje sušnog razdoblja uslijed klimatskih promijena uzrokovati smanjenje bioraznolikosti i ukupne brojnosti vrsta u povremenima vodotocima.

Uz vertikalnu rekolonizaciju, postoji i longitudinalna. Ona se pojavljuje u vodotocima kojima je dio toka stalan te služi kao izvor bioraznolikosti nizvodno, gdje tok presušuje. Obje strategije temelje se na metapopulacijskoj „source – sink“ teoriji. Ova teorija govori kako neke populacije imaju izvorišno („source“) i sekundarno („sink“) stanište između kojih migriraju kako bi se populacija održala. Na primjeru vertikalne rekolonizacije, izvorišno stanište predstavlja hiporeička zona iz koje jedinke u vrijeme poplavnog perioda migriraju u tok koji je sekundarno stanište. Kod longitudinalne rekolonizacije, izvorišno stanište je dio vodotoka koji je stalan, a sekundarno dio koji presušuje.

Nadalje, leteći odrasli stadij u sušnom razdoblju, odnosno izlijetanje odraslih jedinki prije početka suhoh razdoblja vrstama koje karakterizira ovakva životna faza omogućuje preživljavanje, ali i veću prostornu raširenost vrste. Isto tako, leteće odrasle jedinke mogu doći polagati jajašca u povremeni vodotok iz okolnih vodenih staništa što također predstavlja jedan oblik rekolonizacije.

Budući da u razdoblju kada je korito suho, to stanište naseljavaju kopneni beskralješnjaci i ostali organizmi, treba istaknuti da je njihov izvor bioraznolikosti obalno stanište oko vodotoka. Ipak, neke makrozoobentoske vrste ostaju u koritu i za vrijeme suhoh razdoblja i preživljavaju ukopane u sediment (npr. *Synurella sp.*).

Neke vrste ipak se nisu dovoljno prilagodile kako bi preživjele dulja suha razdoblja. Na primjer, puž *Ancylus fluviatilis* ne može preživjeti dulja suha razdoblja u dijelu vodotoka koji presušuje. Ipak, kraće izlaganje može preživjeti priljepljujući se za kamenje i formirajući s donje strane kućice sluzavi sloj koji ga štiti od isušivanja.

4. UČESTALE SKUPINE MAKROZOOBENTOSA U POVREMENIM VODOTOCIMA I NJIHOVE KARAKTERISTIKE

Budući da su povremeni vodotoci vrlo raznoliki, isto je i sa zajednicama makrozoobentosa koje žive u njima. Struktura zajednica ovisi o puno pokazatelja i teško je govoriti o nekoj univerzalnoj strukturi, ali ipak postoje taksonomske skupine koje se češće pojavljuju u ovakvom staništu.

Razred Insecta (kukci) je općenito najbrojnija skupina životinja na Zemlji pa je upravo tako i u zajednicama makrozoobentosa. Prema brojnosti jedinki ističe se red Diptera (dvokrilci). U makrozoobentosu, ovaj red predstavljaju akvatičke ličinke. One su uvijek bez razvijenih nogu i krila. Najbrojnija porodica dvokrilaca je porodica Chironomidae (trzalci). Ova porodica pojavljuje se u većini vodenih i vlažnih staništa. Predstavlja primarne potrošače u hranidbenoj piramidi, a nastanjuju degranirane i neraznolike ekosustave te onečišćene vode s malom količinom otopljenog kisika.



Slika 2: Ličinke iz porodice *Chironomidae*

Prema broju vrsta, najveći red je Coleptera (kornjaši). Naziv za ovaj red dolazi od grčkih riječi za koricu i krila što indicira da ih karakteriziraju tvrda krila. Upravo radi njihove izuzetne brojnosti pripadaju svim funkcionalnim skupinama, nastanjuju sva vodena staništa i velik dio vrsta je tolerantno na kolebanja u staništu. Ipak i među njima ima dobrih indikatora dobrog i odličnog ekološkog stanja voda (npr. rod *Riolus*).



Slika 3: Ličinke iz reda Coleoptera

Ephemeroptera (vodencvjetovi), Trichoptera (tuljari) i Plecoptera (obalčari) su redovi kojima je svojstvena uska ekološka valencija na pojavu zagađivala u okolišu, primjerice smanjenje količine kisika i zakiseljenje vode. Njihove ličinke su vodeni organizmi, a odrasli kukci izlijeću iz vode i vezani su za kopnena staništa. Ephemeroptera su uglavnom herbivori i detritivori, ali postoje i vrste koje su predatori. Također, u ovoj skupini postoje i tolerantne svoje koje mogu nastanjivati i onečišćena staništa. Ličinke žive na kamenju ili biljkama u koritu, a karakteristična su im tri duga cerka na posteriornom dijelu tijela. Trichoptera su funkcionalno najčešće detritivori, strugači i procjeđivači. Ličinke većinom žive u hladnim, čistim tokovima u specifičnim tuljcima odakle im i hrvatski naziv. Tuljce grade sljepljujući kamenčiće ili organski materijal svilom izlučenom iz donjousnenog aparata. Ličinke Plecoptera imaju dva cerka na zadnjem kolutiću, često su strugači i detritivori te grabežljivci. Žive u vodotocima s puno otopljenog kisika te su najbolji indikator dobre i odlične kakvoće vode.



Slika 4: Ličinke iz redova Trichoptera, Plecoptera i Ephemeroptera

Od pripadnika razreda Insecta, valja istaknuti i red Odonata (vretenca). Naziv reda dolazi od grčke riječi za zub zbog prisutnosti izraslina sličnih zubima u njihovim čeljustima. Oni su uglavnom karnivori. Njihova brojnost je proporcionalna sa raznolikošću vaskularnih biljaka oko vode i brojnošću ostalih kukaca kojima se hrane.



Slika 5: Ličinka iz reda Odonata

Česta skupina u makrozoobentosu su pripadnici potkoljena Crustacea (rakovi) i razreda Malacostraca (viši rakovi). Riječ je o redu Amphipoda (rakušci). Naziv ovog reda dolazi iz grčkog jezika i znači drugačija noga. Takav naziv upućuje u njihovu morfološku posebnost, a to je postojanje 5 različitih vrsta nogu od kojih svaka ima drukčiju funkciju. Iako je većina vrsta vodena, zabilježene su i kopnene. U vodenim staništima, ovi organizmi kontroliraju rast smeđih algi i visoko su tolerantni na različita kolebanja u okolišu.



Slika 6: *Gammarus balcanicus*

Na rubu vodenih staništa i u vlažnom sedimentu žive pripadnici podrazreda Oligochaeta (maločetinaši). Oni funkcionalno pripadaju skupini detritivora, također su ekološki tolerantni i nerijetko su stanovnici organski onečišćenih staništa.

5. LITERATURA

- Acuna V., Datry T., Marshall J., Barcelo D., Dahm C. N., Ginebreda A., McGregor G., Sabater S., Tockner K., Palmer M. A. (2014.); „*Why should we care about temporary waterways?*“; Science vol. 343, str. 1080.
- Cairns J., Pratt J. R. (1993.); „*History of biological monitoring using benthic macroinvertebrates*“; Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates, poglavlje 2.
- Corti R., Datry T. (2016.); „*Terrestrial and aquatic invertebrates in the riverbed of an intermittent river: parallels and contrast in community organisation*“; Freshwater Biology vol. 61, str. 1308. – 1320.
- Datry T., Fritz K., Leigh C. (2016.); „*Challenges, developments and perspective in intermittent river ecology*“; Freshwater Biology vol. 61, str. 1171. – 1180.
- Espanol C., Comin F. A., Gallardo B., Yao J., Yela J. L., Carranza F., Zabaleta A., Ladera J., Martinez-Santos M., Gerino M., Sauvage S., Sanchez-Perez J. M. (2016.); „*Does land use impact on groundwater invertebrate diversity and functionality in floodplains?*“; Ecological Engineering vol. 103, str. 394. – 403.
- European Parliament and European Council 2000/60/EC; „*Community action in the field of water policy*“ („*Okvirna direktiva o vodama*“)
- Garcia C., Gibbins C. N., Padro I., Batalla R. J. (2017.); „*Long term flow change threatens invertebrate diversity in temporary streams: Evidence from an island*“; Science of the Total Environment
- Kerovec M., Mihaljević Z., Stanković I. (2008.); „*Ekološko istraživanje površinskih kopnenih voda u Hrvatskoj prema kriterijima Okvirne direktive o vodama*“; knjiga 3/1, poglavlje 6.; Hrvatske vode
- Kerovec M. (1986.); „*Priručnik za upoznavanje beskralježnjaka naših potoka i rijeka*“; SNL
- Leigh C., Boulton A. J., Courtwright J. L., Fritz K., May C. L., Walker R. H., Datry T. (2016.); „*Ecological research and management of intermittent rivers: an historical review and future directions*“; Freshwater Biology vol. 61, str. 1181. – 1199.

- Marshall J. C., Menke N., Crook D. A., Lobegeiger J. S., Balcombe S. R., Huey J. A., Fawcett J. H., Bond N. R., Starkey A. H., Sternberg D., Linke S., Arthington A. H. (2016.); „*Go with the flow: the movement behaviour of fish from isolated waterhole refugia during connecting flow events in an intermittent dryland river*“; *Freshwater Biology* vol. 61, str. 1242. – 1258.
- Narodne novine 61/2016. „*Uredba o standardu kakvoće vode*“
- Narodne novine 14/2014. „*Zakon o vodama*“
- Narodne novine 88/2014. „*Pravilnik o popisu stanišnih tipova, karti staništa te ugorženim i rijetkim stanišnim tipovima*“
- Rolls R. J., Heino J., Chessman B. C. (2016.); „*Unravelling the joint effects of flow regime, climatic variability and dispersal mode on beta diversity of riverine communities*“; *Freshwater Biology* vol. 61, str. 1350. – 1364.
- Siebers A. R., Pettit N. E., Skrzypek G., Fellman J. B., Dogramaci S., Grierson P. F. (2016.); „*Alluvial ground water influences dissolved organic matter biogeochemistry of pools within intermittent dryland streams*“; *Freshwater Biology* vol. 61, str. 1228. – 1241.
- Stromberg J. C., Merritt D. M. (2016.); „*Riparian plant guilds of ephemeral, intermittent and perennial rivers*“; *Freshwater Biology* vol. 61, str. 1259. – 1275.
- Stubbington R., Gunn J., Little S., Worrall T. P., Wood P. J. (2016.); „*Macroinvertebrate seedbank composition in relation to antecedent duration of drying and multiple wet-dry cycles in a temporary stream*“; *Freshwater Biology* vol. 61, str. 1293. – 1307.
- Vorste R. V., Malard F., Datry T. (2016.); „*Is drift the primary process promoting the resilience of river invertebrate communities? A manipulative field experiment in an intermittent alluvial river*“; *Freshwater Biology* vol. 61, str. 1276. – 1292.
- Welter J. R., Fisher S. G. (2016.); „*The influence of storm characteristics on hydrological connectivity in intermittent channel networks: implications for nitrogen transport and denitrification*“; *Freshwater Biology* vol. 61, str. 1214. – 1227.
- Whitney J. E., Gido K. B., Martin E. C., Hase K. J. (2016.); „*The first to arrive and the last to leave: colonisation and extinction dynamics of common and rare fishes in intermittent prairie streams*“; *Freshwater Biology* vol. 61, str. 1321. – 1334.

Williams D. D., Hynes H. B. N. (1977); „*The ecology of temporary streams – General remarks on temporary streams*“; International review of hydrobiology vol 62., str. 53. – 61.

<https://www.amentsoc.org>

<http://calphotos.berkeley.edu>

<https://en.wikipedia.org/wiki>

6. SAŽETAK

Klimatske promjene u zadnjim desetljećima imaju sve izraženiji utjecaj na biljni i životinjski svijet i sve stanišne tipove na Zemlji, dok antropogeni utjecaj stvara sve veći pritisak na okoliš zbog rastuće ljudske populacije i intenzivnijeg korištenja zemljišta i vodotokova. Sve veći broj vodotoka ne može izdržati takav pritisak što dovodi do promjena u režimu toka i kakvoće vode. Vodotoci počinju presušivati u sušnom dijelu godine i to razdoblje traje sve dulje, a ponovno poplavljivanje korita sve češće ima fatalne posljedice na okolno stanovništvo i krajolik. Kako bi se spriječile sve neželjene posljedice ovakvih događaja po ljude i okoliš, moramo poznavati hidrologiju i ekologiju povremenih vodotoka. Zbog ovakvih promjena, ugrožene su i zajednice bentičkih beskralješnjaka (kao i svih ostalih organizama) koje nastanjuju ove vodotoke. Njihova raznolikost i brojnost pada kako se produljuje sušni period i povećava onečišćenje vode organskom tvari, umjetnim gnojivima i pesticidima. Iako su ove zajednice razvile niz evolucijskih prilagodbi na ovakvo zahtjevno stanište, one im često više nisu dovoljne za preživljavanje i održavanje raznolikosti i brojnosti na stalnom nivou. Povezivanjem znanstvenih saznanja o hidrologiji vodotokova i ekologiji sa strukturom zajednica koje ih nastanjuju, dobit ćemo odličan temelj za promijene zakonskih okvira i zaštitu svih izvora pitke vode pa tako i povremenih vodotoka.

7. SUMMARY

Climate changes of the last couple of decades have great impact on the plant and animal world and all habitat types on Earth. In addition, anthropogenic impacts are increasingly putting pressure on the environment due to the growing human population and the more intensive use of land and waterways. An increasing number of watercourses can't withstand such pressure, which leads to changes in water quality and flow regime. Watercourses begin to dry up in the dry part of the year and that period lasts longer, while re-flooding of riverbeds often has fatal consequences for the surrounding population and the landscape. In order to prevent any unwanted consequences of such events on people and the environment, we need to know the hydrology and ecology of intermittent watercourses. Because of these changes, benthic invertebrate communities (as well as all the other organisms) which inhabit these watercourses have been endangered. Their variety and abundance decrease as the dry season is extended and water pollution is increased by organic

matter, artificial fertilizers and pesticides. Although these communities have developed a series of evolutionary adaptations to such a demanding habitat, these are often no longer sufficient to survive and maintain diversity and abundance at a constant level. By linking scientific knowledge about hydrology of watercourses and ecology with the structure of communities that inhabit them, we will have an excellent foundation for changing legal frameworks and protecting all sources of drinking water as well as intermittent watercourses.